

PAT-NO: FR002572519A1

DOCUMENT-IDENTIFIER:  
FR 2572519 A1

TITLE:  
Electromechanical  
transducer level  
detector

PUBN-DATE: May 2, 1986

INVENTOR-INFORMATION:  
NAME

COUNTRY

REYMOND, PHILIPPE ANDRE

N/A

BOUVERET, GEORGES

N/A

ASSIGNEE-INFORMATION:  
NAME

COUNTRY  
JAEGER

FR

APPL-NO: FR08416342

APPL-DATE: October 25,  
1984

PRIORITY-DATA:

FR08416342A (October  
25, 1984)

INT-CL (IPC):

G01F023/296

EUR-CL (EPC):

G01F023/296

ABSTRACT:

The detector of the invention comprises a vibrating membrane 1 and its transducer 2. The membrane 1 is impervious to the fluid

whose level it is  
desired to detect and  
the transducer 2  
consists of a  
piezoelectric ceramic  
component 20 which is  
mechanically fastened  
to the free face of the  
membrane.

The detector  
furthermore comprises  
means 3, 4 for  
electrical excitation  
of the  
variable-frequency  
transducer and means 5,  
6, 7 for detecting the  
phase shift  
between two magnitudes

which are  
representative of the  
vibrating state of the  
membrane.

Application to the  
detection of fluids  
constituted by  
pulverulent or granular  
materials and in  
particular grain levels  
in silos. <IMAGE>

(19) RÉPUBLIQUE FRANÇAISE  
INSTITUT NATIONAL  
DE LA PROPRIÉTÉ INDUSTRIELLE  
PARIS

(11) N° de publication :  
à n'utiliser que pour les  
commandes de reproduction

2 572 519

(21) N° d'enregistrement national :

84 16342

(61) Int Cl<sup>a</sup> : G 01 F 23/18

(12)

## DEMANDE DE BREVET D'INVENTION

A1

(22) Date de dépôt : 25 octobre 1984.

(30) Priorité :

(43) Date de la mise à disposition du public de la  
demande : BOPI « Brevets » n° 18 du 2 mai 1986.

(60) Références à d'autres documents nationaux appa-  
rentés :

(71) Demandeur(s) : JAEGER — FR.

(72) Inventeur(s) : Philippe André Reymond et Georges Bou-  
veret.

(73) Titulaire(s) :

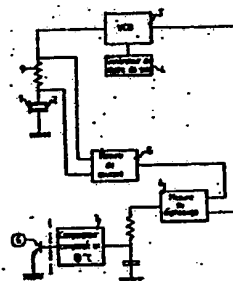
(74) Mandataire(s) : Cabinet Regimbeau, Corre, Martin,  
Schrumpf, Warcoin et Ahner.

(54) Détecteur de niveau à transducteur électro-mécanique.

(57) L'invention concerne un détecteur de niveau à transduc-  
teur électromécanique.

Le détecteur de l'invention comprend une membrane vi-  
brante 1 et son transducteur 2. La membrane 1 est étanche au  
fluide dont on veut détecter le niveau et le transducteur 2 est  
constitué par une céramique piézo-électrique 20 solidaire mé-  
caniquement de la face libre de la membrane. Le détecteur  
comprend en outre des moyens d'excitation électrique 3, 4 du  
transducteur à fréquence variable et des moyens de détection  
5, 6, 7 du déphasage entre deux grandeurs représentatives de  
l'état vibratoire de la membrane.

Application à la détection de fluides constitués par des  
matériaux pulvérulents ou granuleux et notamment niveau de  
grains dans des silos.



FR 2 572 519 - A1

Vente des fascicules à l'IMPRIMERIE NATIONALE, 27, rue de la Convention — 75732 PARIS CEDEX 15

La présente invention est relative à un détecteur de niveau notamment pour fluide.

5 Les dispositifs de détection de niveau le plus souvent utilisés, notamment pour des liquides, comportent habituellement un équipement détecteur de niveau à flotteur mobile selon un trajet vertical ou incliné. Un système de traitement et de mesure tel qu'un rhéostat lié par son curseur au flotteur mobile permet de déterminer le niveau de liquide.

10 Afin de réduire les interactions mécaniques entre le liquide, dont on veut mettre en évidence la présence, et le détecteur, ceci afin d'améliorer la fiabilité de tels détecteurs et de permettre leur utilisation pour différentes sortes de fluides ou  
15 liquides, notamment dans des conditions de fonctionnement ou d'environnement défavorables, on a utilisé des détecteurs mettant en oeuvre des systèmes opto-électroniques. De tels détecteurs, décrits notamment dans le brevet américain US-A-4 286 464, nécessitant  
20 la mise en oeuvre de détecteurs optiques qui sont occultés par le liquide, donnent satisfaction pour la détermination du niveau du liquide mais présentent toutefois l'inconvénient d'une complexité relative et n'apparaissent pas susceptible de donner satisfaction totale pour  
25 la détection de niveau de fluides constituant, pour le détecteur, un environnement défavorable ou même hostile, ce type d'environnement, dans le cas de fluides composés d'éléments pulvérulents ou granuleux, étant susceptible par utilisation répétée de provoquer une  
30 souillure des éléments optiques et même à long terme la détérioration du détecteur.

- un objet de la présente invention est de remédier aux inconvénients précités des systèmes de l'art antérieur.

5       - un autre objet de la présente invention est la mise en oeuvre d'un détecteur de niveau susceptible de fonctionner en présence de toute sorte de fluides tels que liquides, matériau pulvé-

10       - un autre objet de la présente invention est la mise en oeuvre d'un détecteur de niveau dans lequel l'interaction mécanique entre le niveau du fluide dont on veut détecter le niveau et le détecteur est réduite au minimum.

15       - un objet supplémentaire de la présente invention est en outre la mise en oeuvre d'un système de mesure de niveau au moyen des détecteurs de niveau tels que définis précédemment.

20       Le détecteur de niveau à transducteur électromécanique, notamment pour fluide, objet de l'invention comprend une membrane vibrante et son transducteur. La membrane est une membrane étanche au fluide et le transducteur est une céramique piézo-

25       électrique mécaniquement solidaire de la face libre de la membrane. Le détecteur comprend en outre des moyens d'excitation électriques du transducteur à fréquence variable et des moyens de détection du déphasage entre deux grandeurs représentatives de l'état vibratoire de la membrane.

30       D'autres aspects et particularités de l'objet de la présente invention seront mieux compris à la lecture de la description et à l'observation des dessins ci-après dans lesquels :



- la figure 1 représente un schéma synoptique général du détecteur objet de l'invention,

- les figures 2a et 2b représentent, en coupe, un mode de réalisation particulier d'un des éléments constitutifs de l'invention,

- les figures 3a et 3b représentent en coupe un détail de mise en oeuvre particulier de l'élément représenté en figure 2b.

- la figure 4 représente un mode de réalisation particulier avantageux des fonctions du schéma synoptique représenté en figure 1,

- la figure 5 représente une courbe de mesure des signaux délivrés par le détecteur de l'invention pour différents types de matériaux granuleux,

- la figure 6 représente à titre d'exemple non limitatif un mode de réalisation particulier d'un système de mesure de détection au moyen de détecteurs de niveau selon l'invention.

Ainsi que représenté figure 1, le détecteur de niveau selon l'invention comprend une membrane vibrante 1 et son transducteur 2. La membrane est étanche au fluide dont on veut détecter la présence et le transducteur 2 est constitué par exemple par une céramique piézo-électrique 20 solidairement mécanique de la face libre de la membrane. Par face libre de la membrane, on entend la face de la membrane qui n'est pas mise en contact avec le fluide précité. Le détecteur comprend en outre des moyens d'excitation électrique 3, 4 à fréquence variable du transducteur 2 et des moyens de détection 5, 6, 7 du déphasage entre deux grandeurs représentatives de l'état vibratoire de la membrane 1. La détection de phase permet la commande d'un système d'alarme représenté figure 1 par un transistor par l'intermédiaire d'un compara-

teur compensé en température. De préférence, les moyens d'excitation électrique à fréquence variable comportent un générateur de dent de scie 4 délivrant un signal de commande en fréquence. Le signal de commande en fréquence est par exemple une dent de scie symétrique par rapport à une demi période et d'une fréquence de l'ordre de quelques Hertz. L'oscillateur à fréquence variable 3 est commandé par le signal de commande délivré par le générateur de dent de scie 4 et délivre le signal d'excitation de la céramique piézo-électrique. Le signal d'excitation de la céramique piézo-électrique est ainsi un signal périodique de la fréquence centrale de 8 KHz modulé linéairement en fréquence par les signaux de dent de scie et d'amplitude de modulation de l'ordre de 3 à 4 KHz. Le signal d'excitation appliqué à la céramique piézo-électrique 20 a donc une fréquence instantanée variant entre 4 KHz et 12 KHz sensiblement. Les moyens de déphasage 5,6,7 permettent la détection du déphasage entre deux grandeurs représentatives de l'état vibratoire de la membrane en fonction de la présence ou de l'absence, au niveau de la membrane vibrante, du fluide dont on veut mettre en évidence la présence. Les moyens de détection de déphasage permettent la détection du déphasage entre la tension du signal d'excitation de la céramique piézo-électrique 20, c'est-à-dire la tension du signal délivré par l'oscillateur à fréquence variable 3, et le courant d'excitation de cette même céramique piézo-électrique 20. Au cours d'essai de mise en oeuvre de l'objet de la présente invention, il a en effet été observé qu'en l'absence de fluide au niveau de la membrane, le déphasage entre ces grandeurs pour une fréquence du signal d'excitation correspondant à la fréquence de résonance de la membrane à vide était maximum, le même déphasage lors de la présence du fluide

au voisinage de la membrane étant au contraire minimum. Il apparaît ainsi que en l'absence de fluide au niveau de la membrane, la puissance électrique nécessaire à la mise en résonance de celle-ci est minimale alors que en présence de fluide, la puissance nécessaire à l'excitation de la membrane est au contraire maximale. La présence ou l'absence du fluide au niveau de la membrane est ainsi détectée par le comparateur 7 permettant le déclenchement par le transistor de sortie de tout moyen susceptible de déclencher un voyant lumineux ou sonore.

Plusieurs modes de réalisation de la membrane et de son transducteur seront maintenant donnés au moyen de la description des figures 2a, 2b et 3.

Ainsi que représenté figure 2a, la membrane est constituée par un disque métallique mince 10 monté dans une monture cylindrique 11. La monture cylindrique 11 est constituée par exemple par deux pièces assemblées par des vis de serrage. La membrane est par exemple un disque d'aluminium d'épaisseur comprise entre 1 et 1,5 mm et de diamètre compris entre 21,5 et 24 mm. D'autres matériaux peuvent être utilisés pour la fabrication de la membrane, par exemple l'acier inoxydable. La céramique piézo-électrique 20 est fixée par collage sur la face libre de la membrane 10. Ainsi que représenté figure 2b et afin de diminuer les phénomènes de résonance parasites dus à la structure de la monture représentée précédemment, la membrane 1 et la monture cylindrique 11 sont formées d'une seule pièce 110. La pièce unique est usinée par exemple dans un bloc d'aluminium ou d'acier. De préférence, l'ensemble monture/membrane présente une masse totale supérieure sensiblement à quatre vingt fois celle de la céramique piézo-électrique. Dans le cas de

l'utilisation du détecteur de l'invention pour la  
détection de matériaux pulvérulents ou granuleux  
tels que les graines de maïs, de gazon ou autres,  
un revêtement 112 de nickel, de polytétrafluoroéthylène  
5 Téflon (marque déposée), ou autre matériau est en outre  
prévu afin de réduire les risque d'adhérence des graines  
à la membrane. Ainsi que représenté figures 3a et 3b,  
l'ensemble monture/membrane est monté dans un boîtier  
111 et fixé à celui-ci par collage 113 ou au moyen  
10 de vis 114. On a pu ainsi réaliser un prototype de  
détecteur de forme tubulaire contenant les circuits  
électroniques d'excitation et de détection dont l'en-  
combrement en diamètre n'excédait pas 52 mm. Un mode  
de réalisation préférentiel des circuits électroniques  
15 de détection et d'excitation sera maintenant décrit au  
moyen de la figure 4. Sur la figure 4, les blocs  
fonctionnels correspondant aux blocs fonctionnels  
du schéma synoptique de la figure 1 sont représentés  
avec les mêmes références. Ainsi qu'il apparaît en  
20 figure 4, le générateur de dent de scie 4 comporte  
un système générateur d'oscillations de relaxation obtenues  
par charge et décharge successives d'un condensateur 40  
au moyen de circuits de réaction 41, 42. Une descrip-  
tion détaillée de cetype de générateur ne sera pas  
25 donnée, car ce type de générateur est connu de l'état  
de la technique. L'oscillateur à fréquence variable 3  
est constitué par un amplificateur différentiel 30  
recevant sur son entrée négative le signal de commande  
en fréquence délivré par le générateur de dent de  
30 scie 4 et par un comparateur 60. Cette entrée négative  
est en outre reliée à la sortie S30 de l'amplificateur  
différentiel par une capacité de réaction 31,  
l'amplificateur différentiel 30 délivrant ainsi le  
signal d'excitation de la céramique piézo-électrique 20 sur  
35 sa sortie S30. En outre, le circuit de détection

de phase 6 est constitué par un premier comparateur 60 recevant sur son entrée négative le signal d'excitation de la céramique piézo-électrique et délivrant un signal rectangulaire SR tel que représenté figure 4, représentatif de la référence de phase du signal d'excitation de la céramique piézo-électrique. Le comparateur 60 fonctionne en fort ou rien, il peut consister par exemple en un amplificateur fonctionnant en régime saturé. Le signal de référence de phase délivré par le comparateur 60 de forme rectangulaire est délivré à une première entrée d'un circuit logique OU exclusif 61 destiné à assurer la comparaison de phase. Un deuxième comparateur 50 permet d'assurer la mesure du courant d'excitation de la céramique piézo-électrique. Les entrées positives et négatives du comparateur 50 sont connectées respectivement aux bornes d'une résistance auxiliaire 9 laquelle est connectée en série entre la sortie S30 de l'amplificateur différentiel 30 et la borne d'excitation de la céramique piézo-électrique 20. Le comparateur 50 délivre un signal IE représentatif du courant d'excitation de la céramique piézo-électrique. Le comparateur 50 peut consister également en un amplificateur fonctionnant en régime saturé et délivre également un signal rectangulaire représentatif de la phase du courant d'excitation de cette céramique. Ainsi qu'il apparaît en figure 4, le signal IE représentatif du courant d'excitation de la céramique piézo-électrique est délivré à une deuxième entrée du circuit logique OU exclusif 61. Le circuit logique 61 délivre sur sa sortie un signal résultant constitué par des impulsions dont la durée est proportionnelle au déphasage entre le signal IE, représentatif du courant d'excitation de la céramique,

et le signal SR de référence de phase. Le signal délivré par le circuit logique 61 est ensuite intégré par un circuit intégrateur 62 susceptible de délivrer un signal proportionnel à la valeur moyenne du signal  
5 délivré par le circuit logique 61. Cette valeur moyenne est en effet représentative de la valeur du déphasage entre tension et courant d'excitation de la céramique piézo-électrique. Afin d'assurer l'utilisation du signal précité, un comparateur 70 permet après  
10 sélection de la valeur crête au moyen d'une diode 72 et d'un condensateur 73 puis d'un circuit d'amplification 74 de commander le transistor de sortie 75 lui-même apte d'assurer l'excitation soit d'un voyant lumineux, soit d'un signal sonore. Ainsi que représenté en outre en figure 4, au comparateur 70 est  
15 ajouté un circuit de compensation en température 71 capable de délivrer une tension de référence variable avec la température. Le circuit de compensation en température comprend par exemple une thermistance 710 dont la valeur, variable en fonction de la température,  
20 permet d'engendrer la tension de référence variable  $V_{ref}$ . Ce circuit de compensation en température permet lors du fonctionnement de tenir compte des modifications de résonance de la membrane dans des  
25 plages de température comprises entre  $-20^{\circ}\text{C}$  et  $+80^{\circ}\text{C}$ , ces modifications étant pour l'essentiel dues aux modifications de caractéristiques mécaniques du boîtier telles que le collage ou la fixation par  
30 vis de la membrane à ce boîtier. Sur la figure 4, les diverses tensions d'alimentation des composants électroniques ont été notées  $+V_{cc}$ . Ces tensions d'alimentation permettent le fonctionnement normal des différents composants. Différents résultats de

fonctionnement d'un détecteur selon l'invention seront donnés à l'aide de la description de la figure 5. Sur la figure 5, les différentes courbes 1, 2 et 3 représentent la forme du signal en fonction de la fréquence en sortie du système de détection de phase après intégration par le circuit intégrateur 62. La courbe 1 représente l'amplitude de ce signal en l'absence de fluide ou de grains au contact de la membrane, la courbe 2 représente ce même signal en présence de graines de gazon et la figure 3 en présence de grains de blé ou de maïs au contact de la membrane. Il apparaît ainsi que la différence d'amplitude du signal en présence de grains en comparaison avec l'absence de grains permet la détection du niveau correspondant de ce grain dans un conteneur, le balayage en fréquence ainsi que représenté en figure 5, permettant en outre de pallier aux dérives de la fréquence de résonance de la membrane en fonction de la température. Le détecteur objet de l'invention ainsi décrit, permet la détection de la présence de fluide, de matériau pulvérulent, ou de grains et principalement de tout type de grains. On comprendra qu'en vue d'une utilisation dans le domaine de l'agriculture par exemple, le détecteur tel que décrit est susceptible d'être utilisé comme système d'indication par tout ou rien de l'état de remplissage d'un réservoir. Dans ce cas, un détecteur tel que décrit précédemment est placé au voisinage du sommet du réservoir, du conteneur, ou du silo.

En outre, il est également possible de prévoir l'utilisation de tels détecteurs en vue d'assurer une mesure de niveau dans un réservoir ou conteneur. Dans ce but, ainsi que représenté figure 6, le système de mesure de niveau selon l'invention

comprend un alignement 80 de détecteurs  $8_1$  à  $8_N$  tels que décrits précédemment. L'alignement 80 est susceptible de constituer un étalonnage en volume de fluide contenu dans le réservoir. Dans le cas de la mise en oeuvre d'un système de mesure de niveau tel que représenté figure 6, il apparaît ainsi possible d'assurer à partir d'un système d'excitation tel que représenté figure 4, c'est-à-dire générateur de dent de scie 4, oscillateur à fréquence variable 3 et éventuellement d'un amplificateur de puissance non représenté sur les dessins, d'assurer l'excitation en parallèle de chacun des détecteurs  $8_1$  à  $8_N$ , réduits alors à leur membrane vibrante munie de leur céramique piézo-électrique. La détection du déphasage entre courant d'excitation et tension d'excitation de chacune des céramiques piézo-électriques peut alors être effectuée soit par divers systèmes de détection identique à celui décrit précédemment, soit par un seul système de détection, une commutation entre chacun des éléments  $8_1$  à  $8_N$  étant alors effectuée vers l'unique circuit de détection. Cette commutation vers l'élément de détection d'ordre supérieur peut être alors assurée par le signal délivré par l'élément de détection précédent et cela jusqu'au dernier élément de détection  $8_N$ . Le dispositif de l'invention tel que décrit présente du fait du choix de la fréquence centrale du signal appliqué à l'élément piézo-électrique et de la modulation de celle-ci une bonne sensibilité de détection, une fréquence trop facile ne permettant pas d'obtenir une bonne sensibilité alors qu'une fréquence trop élevée ne permet pas la mise en évidence de l'amortissement de la membrane.



REVENDECATIONS

1. Détecteur de niveau à transducteur électro-mécanique, notamment pour fluide, caractérisé en ce qu'il comprend une membrane vibrante (1) et son transducteur (2), la membrane (1) étant une membrane étanche au fluide et le transducteur (2) étant constitué par une céramique piézo-électrique (20) solidaire mécaniquement de la face libre de la membrane, et en ce que le détecteur comprend en outre des moyens d'excitation électrique (3,4) du transducteur à fréquence variable et des moyens de détection (5,6,7) du déphasage entre deux grandeurs représentatives de l'état vibratoire de la membrane.
2. Détecteur de niveau selon la revendication 1, caractérisé en ce que la membrane est constituée par un disque métallique mince (10) monté dans une monture cylindrique (11).
3. Détecteur de niveau selon l'une des revendications précédentes, caractérisé en ce que la membrane (1) et la monture cylindrique (11) sont formées d'une seule pièce (110) l'ensemble monture membrane présentant une masse supérieure à au moins quatre vingt fois celle de la céramique piézo-électrique.
4. Détecteur de niveau selon la revendication 3, caractérisé en ce que l'ensemble membrane monture comprend sur la face destinée à venir au contact du fluide, un revêtement de nickel ou de polytétrafluoroéthylène.
5. Détecteur de niveau selon l'une des revendications 1 à 4, caractérisé en ce que l'ensemble monture membrane est monté dans un boîtier (111) et fixé à celui-ci par collage (113) ou au moyen de vis (114).
6. Détecteur de niveau selon l'une des revendications 1 à 5, caractérisé en ce que les moyens d'exci-

tation électrique à fréquence variable comportent :

- un générateur de dent de scie (4) délivrant un signal de commande en fréquence,
- un oscillateur à fréquence variable (3) commandé par le signal de commande du générateur de dent de scie et délivrant le signal d'excitation à la céramique piézo électrique.

7. Détecteur de niveau selon l'une des des revendications 1 à 6, caractérisé en ce que les moyens de détection de déphasage (5,6,7) entre les deux grandeurs représentatives de l'état vibratoire de la membrane permettent la détection du déphasage entre la tension du signal d'excitation de la céramique piézo-électrique et le courant d'excitation de cette même céramique piézo-électrique.

8. Détecteur de niveau selon l'une des des revendications 1 à 7, caractérisé en ce que les moyens de détection de déphasage (5,6,7) entre les deux grandeurs représentatives de l'état vibratoire de la membrane permettent la détection du déphasage entre un signal de référence délivré par l'oscillateur à fréquence variable et le courant d'excitation de la céramique piézo-électrique par l'intermédiaire d'une résistance auxiliaire (9).

9. Détecteur de niveau selon l'une des des revendications 3 à 8 précédentes, caractérisé en ce que l'oscillateur à fréquence variable (3) délivre un signal sinusoïdal modulé en fréquence, de fréquence centrale voisine de 8 kHz et d'amplitude de modulation 3KHz, la modulation en fréquence étant une modulation linéaire dont la fréquence est de l'ordre de grandeur de quelques Hertz.

10. Détecteur de niveau selon la revendication 9, caractérisé en ce qu'il comprend :

- un amplificateur différentiel (30) recevant sur son entrée négative le signal de commande en fréquence délivré par le générateur de dent de scie (4), ladite entrée négative étant en outre reliée à la sortie (S30) de l'amplificateur différentiel par une capacité de réaction (31), ladite sortie (S30) délivrant le signal d'excitation de la céramique piézo-électrique modulé en fréquence,
- un premier comparateur (60) recevant le signal d'excitation de la céramique et délivrant un signal rectangulaire ( $S_R$ ) représentatif de la référence de phase du signal d'excitation de la céramique piézo-électrique,
- un deuxième comparateur (50) dont les entrées positives et négatives sont connectées respectivement aux bornes de la résistance auxiliaire (9) elle-même connectée en série entre la sortie de l'amplificateur différentiel (S30) et la borne d'excitation de la céramique piézo-électrique (2) et délivrant un signal (IE) représentatif du courant d'excitation de la céramique piézo-électrique,
- un circuit logique OU exclusif (61) recevant respectivement sur une première et une deuxième entrée le signal de référence de phase ( $S_R$ ) et le signal (IE) représentatif du courant d'excitation de la céramique piézo-électrique, ledit circuit logique (61) délivrant un signal résultant constitué par des impulsions dont la durée est proportionnelle au déphasage entre le signal (IE) représentatif du courant d'excitation de la céramique piézo-électrique et le signal ( $S_R$ ) de référence de phase,
- un circuit (62) de type intégrateur susceptible de délivrer un signal proportionnel à la valeur moyenne du signal délivré par le circuit logique et représentatif de la valeur du déphasage entre tension et courant d'excitation de la céramique piézo-électrique.

5 11. Système de mesure de niveau d'un fluide dans un réservoir, caractérisé en ce qu'il comporte un alignement(80) de détecteurs de niveau ( $8_1$  à  $8_N$ ) selon l'une des revendications précédentes, l'alignement (80) étant susceptible de constituer un étalonnage en volume de fluide contenu dans le réservoir.

1/4

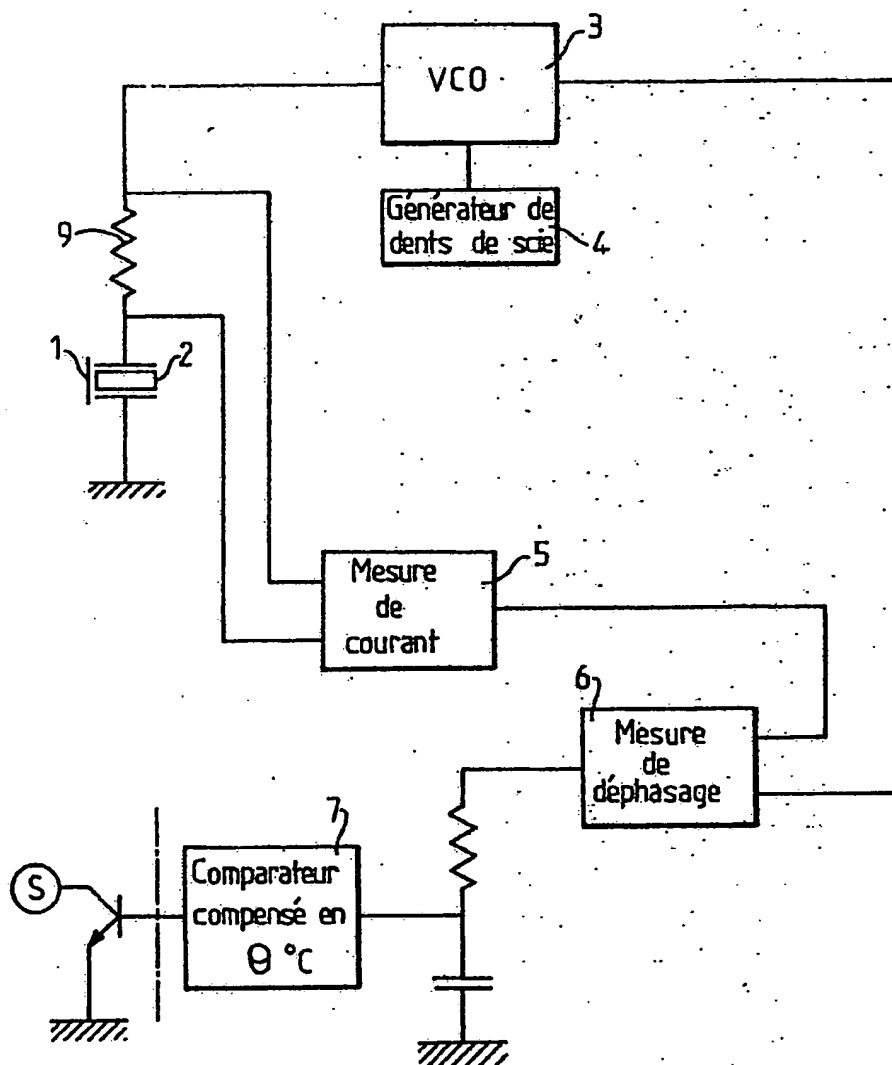


FIG-1

2 / 4

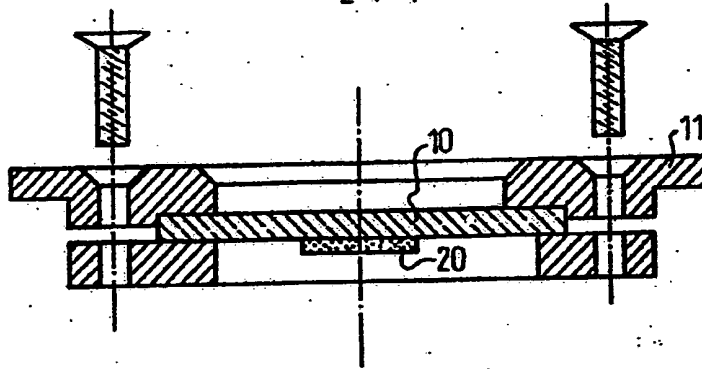


FIG - 2a

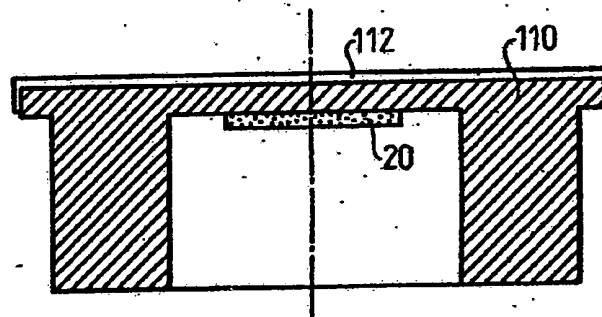
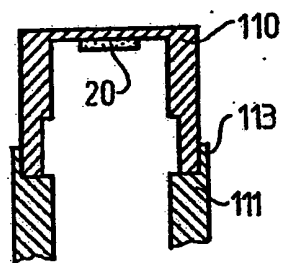
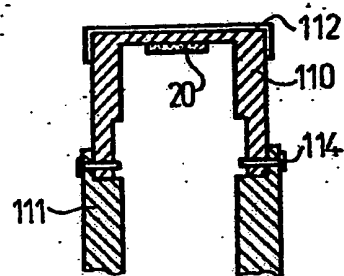


FIG-2b



a)



b)

FIG-3

3/4

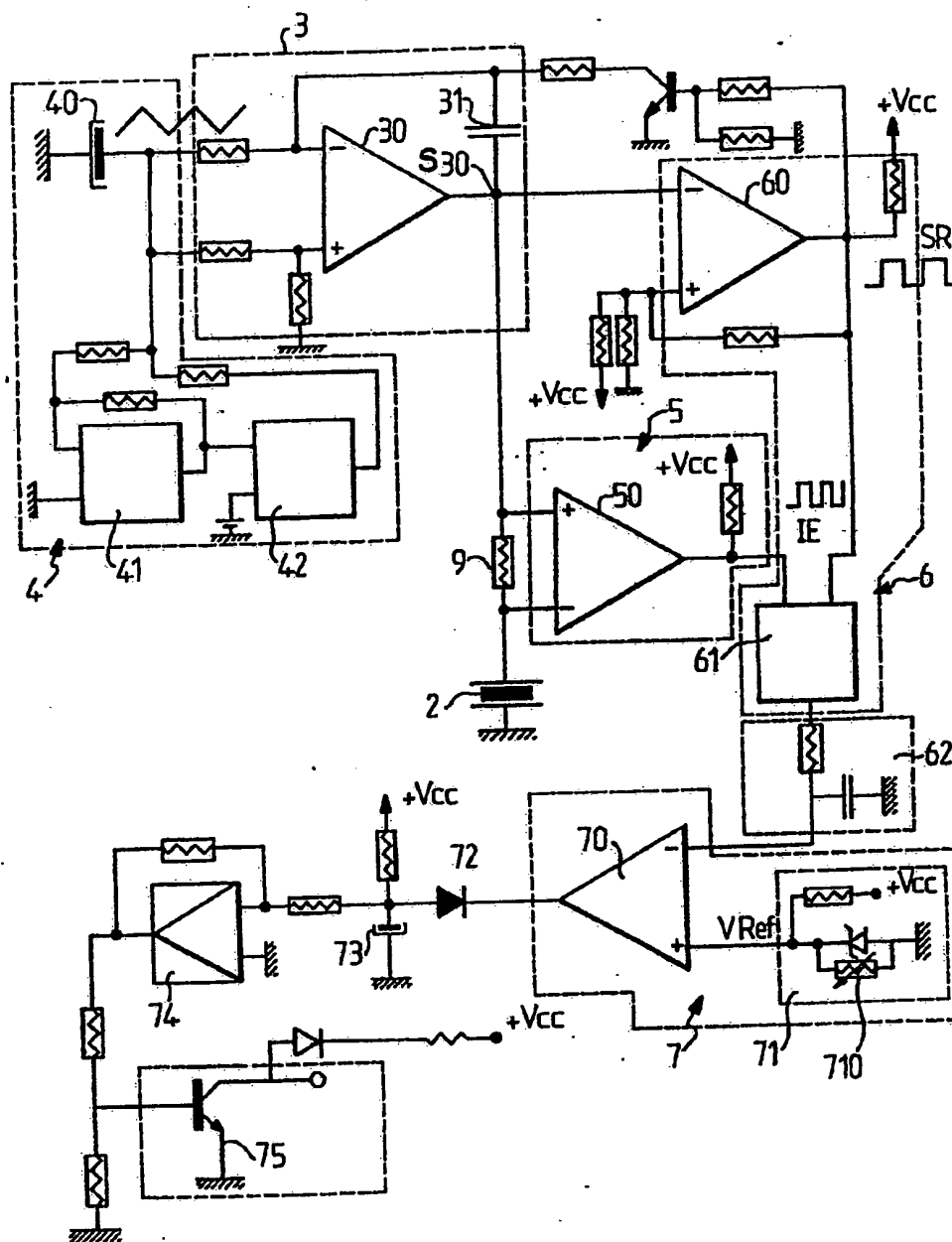
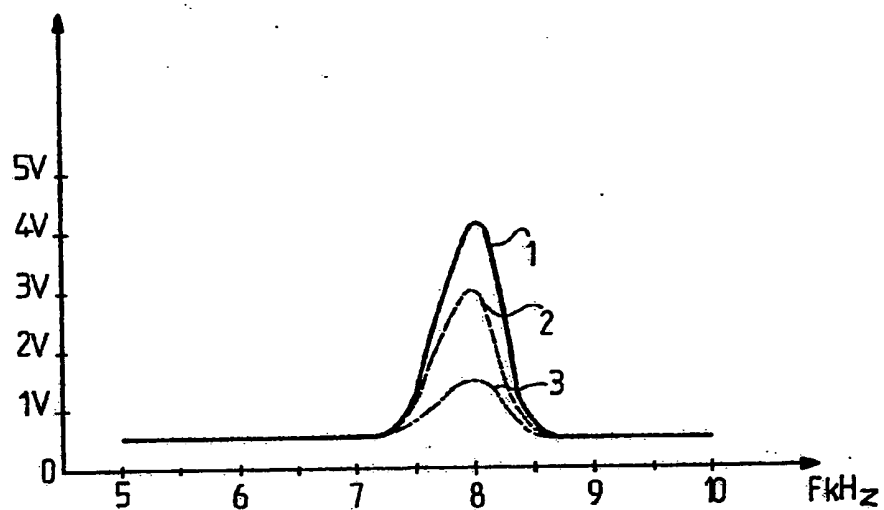
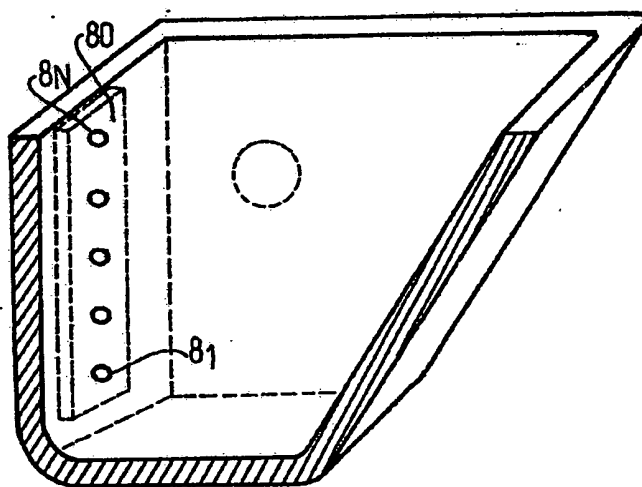


FIG-4

4/4

FIG-5FIG-6